

## 地下浸水発生時の避難および救援活動に関する考察 A study on evacuation and rescue operation in inundated underground space

○ 馬場康之・石垣泰輔・戸田圭一・中川 一・川池健司・吉田義則・多河英雄  
○ Yasuyuki Baba, Taisuke Ishigaki, Keiichi Toda, Hajime Nakagawa, Kenji Kawaike,  
Yoshinori Yoshida and Hideo Tagawa

In order to reduce the damage due to inundation in underground space, early evacuation and rescue operation is one of effective means to alleviate human suffering. The evacuation from underground space has been investigated by using real scale models of staircase including underground passageway. As results, water depth of around 0.3m on the ground could be a critical depth for the evacuation through staircase and passageway, and it is found that both water pressure and hydrodynamic force have influence to the critical condition for evacuation. The issues of the rescue operation in the actual situation are also discussed through the rescue practices using the real scale staircase model.

### 1. 実物大階段模型を用いた避難に関する実験

本実験では、実物大階段模型の通路部を延長することで、通路の移動と階段を通じた避難をあわせた実験を実施した。実験では、地上から階段部への流入を地上での浸水深により設定し、加えて地下空間内での湛水状況も考慮するために、水路部での水深も変化させた。湛水を考慮した実験での流入条件および水路部の湛水条件の組み合わせは次の3通りである。また、服装条件としては、胴長着用時およびスニーカー着用時（男性のみ）の2通りとした。

地上水深 (cm) :	20,	30,	30
湛水深 (cm) :	50,	50,	60

本実験の被験者は男性51名、女性6名である。被験者には、上記3通りに通水無しの計4ケースで、通水中の通路および階段を歩行してもらい、各条件下における所要時間を計測した。その結果、同じ流入条件（地上の浸水深が同じ）でも、通路部の湛水深が深いほど避難に要する時間が長いことが明らかとなった。従来の実験では、避難限界として流体力を指標として結果を整理したが、ここでは湛水深により作用する水圧の影響を考慮するために、以下に示す比力（水圧と運動量束の和）を指標として用いた。

$$u^2h/g+h^2/2 \quad (\text{m}^2)$$

ここに、 $u$  : 流速 (m/s),  $h$  : 水深 (m),  $g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

比力の値は、階段部では流入条件（地上水深）30cm、水路部では湛水深 50cm（地上水深 30cm）

の場合、約 0.125 となった。本実験後のアンケートから、男性、女性とも流入条件 30cm 程度を避難の限界とする結果が得られていることを考え合わせると、ここで示した比力（本実験では約 0.125）が通路部の歩行を含めた避難限界の指標の一つを与えると考えられる。

### 2. 実物大階段模型を用いた救援活動の訓練

実物大階段模型を用いた救助活動に関する訓練は、過去に3回行われている。

京都市消防局 : (2004.11, 2005.03)

滋賀県消防学校 : (2006.10)

これらの救援活動に関する訓練を通じて、昇降時の服装（特に下半身）が大きく影響することが、訓練後の感想などから示されている。また、階段昇降では、単独または集団での隊員の移動方法が試みられたが、不測の事態を想定すれば単独よりも集団の行動が望ましく、ガイドロープ等の安全確保の手段が必要と考えられる。

救援方法は、要救護者の状態（歩行の可、不可など）により大きく異なるが、いずれにしても流水中の通路、階段を通じた避難・救援行動となるため、移動が容易でない中での迅速な方法が求められる。実際の階段および周辺の形状は複雑であるために、現場に即した救援方法を講じざるを得ないが、歩行可能な要救護者に対しては流水の影響が少なくなる領域（周囲より少し高い領域など）を避難路として確保することができれば、迅速な避難・救援に資する方策になると考えられる。